

Translation of text for German Office Action dated February 18, 2003

1. DE 197 06 833 A1

Reference 1, especially claims 3 and 4, discloses a method for smoothing surfaces by means of laser radiation, wherein the surface to be smoothed is melted up to a depth of 2-3 $\mu$ m and wherein this depth obviously exceeds the structural depth of the structures to be smoothed out. It would otherwise not be possible to smooth the macro surface roughness, remaining after the finishing by melting it.

The method disclosed in the present patent claim 1 is thus known from this prior art and is not patentable due to lack of novelty.

For that reason, the prospect of a patent cannot be held out given the present documents.

In addition to the features in claim 1, the features in the present patent claims 3, 8 and 17 are also known from the cited reference 1. In contrast, a second processing stage according to claim 2 is not mentioned therein.

Thus, a restricted set of claims has a chance of success at this time. The reference 1 must also be acknowledged for a patent granting. If the existing patent-hindering reasons are not corrected without good reason, a continuation of the examination procedure will result in a rejection of the application.

If no comments are planned, please provide a non-formal response to the action.

Examination Office for Class B23K

# Deutsches Patent- und Markenamt

München, d. 18. Februar 2003

Telefon: (0 89) 21 95 - 3474

Aktenzeichen:

102 28 743.0-34

Anmelder:

Fraunhofer-Gesellschaft zur  
Förderung der angewandten Forschung  
e.V.

Ihr Zeichen: 102317PDE

Deutsches Patent- und Markenamt · 80297 München

Patentanwaltskanzlei  
Dr. Roland Gagel  
Landsberger Str. 480a

81241 München

**EINGEGANGEN**

am 28. Feb. 2003

13.06.28.06.

Bitte Aktenzeichen und Anmelder bei  
allen Eingaben und Zahlungen angeben

Zutreffendes ist angekreuzt ☒ und/oder ausgefüllt.

**Prüfungsantrag, Einzahlungstag am**

**Eingabe vom**

**eingegangen am**

Die Prüfung der oben genannten Patentanmeldung hat zu dem nachstehenden Ergebnis geführt.

Zur Äußerung wird eine Frist von

**vier Monat(en)**

gewährt, die mit der Zustellung beginnt.

Für Unterlagen, die der Äußerung gegebenenfalls beigelegt werden (z.B. Beschreibung, Beschreibungsteile, Patentansprüche, Zeichnungen), sind je zwei Ausfertigungen auf gesonderten Blättern erforderlich. Die Äußerung selbst wird nur in einfacher Ausfertigung benötigt.

Werden die Beschreibung, die Patentansprüche oder die Zeichnungen im Laufe des Verfahrens geändert, so hat der Anmelder, sofern die Änderungen nicht vom Deutschen Patent- und Markenamt vorgeschlagen sind, im Einzelnen anzugeben, an welcher Stelle die in den neuen Unterlagen beschriebenen Erfindungsmerkmale in den ursprünglichen Unterlagen offenbart sind.

- 2 -

## Hinweis auf die Möglichkeit der Gebrauchsmusterabzweigung

Der Anmelder einer mit Wirkung für die Bundesrepublik Deutschland eingereichten Patentanmeldung kann eine Gebrauchsmusteranmeldung, die den gleichen Gegenstand betrifft, einreichen und gleichzeitig den Anmeldetag der früheren Patentanmeldung in Anspruch nehmen. Diese Abzweigung (§ 5 Gebrauchsmustergesetz) ist bis zum Ablauf von 2 Monaten nach dem Ende des Monats möglich, in dem die Patentanmeldung durch rechtskräftige Zurückweisung, freiwillige Rücknahme oder Rücknahmefiktion erledigt, ein Einspruchsverfahren abgeschlossen oder - im Falle der Erteilung des Patents - die Frist für die Beschwerde gegen den Erteilungsbeschluss fruchtlos verstrichen ist. Ausführliche Informationen über die Erfordernisse einer Gebrauchsmusteranmeldung, einschließlich der Abzweigung, enthält das Merkblatt für Gebrauchsmusteranmelder (G 6181), welches kostenlos beim Patent- und Markenamt und den Patentinformationszentren erhältlich ist.

**Annahmestelle und  
Nachbriefkasten  
nur  
Zweibrückenstraße 12**

Hauptgebäude  
Zweibrückenstraße 12  
Zweibrückenstraße 5-7 (Breiterhof)  
Markenabteilungen:  
Cincinnatistraße 64  
81534 München

Hausadresse (für Fracht)  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Zweibrückenstraße 12  
80331 München

Telefon (089) 2195-0  
Telefax (089) 2195-2221  
Internet: <http://www.dpma.de>

Bank:  
Landeszentralbank München  
Kto.Nr.: 700 010 54  
BLZ: 700.000 00

P 2401.1  
4.02

S-Bahnanschluss im  
Münchner Verkehrs- und  
Tarifverbund (MVV):



Zweibrückenstr. 12 (Hauptgebäude)  
Zweibrückenstr. 5-7 (Breiterhof)  
S1 - S8 Haltestelle Isartor

Cincinnatistraße:  
S2 Haltestelle Fasangarten  
Bus 98 / 99 (ab S-Bahnhof Giesing) Haltestelle Cincinnatistraße

ry

In diesem Bescheid ist folgende Entgegenhaltung erstmals genannt:

1. DE 197 06 833 A1

In der Druckschrift 1, insbesondere Ansprüche 3 und 4, ist ein Verfahren zum Glätten von Oberflächen mittels Laserstrahlung angegeben, bei dem die zu glättende Oberfläche bis zu einer Tiefe von 2-3µm umgeschmolzen wird, wobei diese Tiefe offensichtlich grösser als die Strukturtiefe der zu glättenden Strukturen ist. Andernfalls liessen sich die durch das vorhergehende Feinspindeln verbliebenen Makrorauheiten nämlich nicht durch Aufschmelzen ein-ebnen.

Das im vorliegenden Patentanspruch 1 angegebene Verfahren ist also durch diesen Stand der Technik vollständig bekannt und somit mangels Neuheit nicht patentfähig.

Aus diesem Grund kann die Erteilung des derzeit nachgesuchten Patents nicht in Aussicht gestellt werden.

Neben den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gehen aus der Entgegenhaltung 1 noch die Merkmale der geltenden Patentansprüche 3, 8 und 17 als bekannt hervor. Dagegen ist eine zweite Bearbeitungsstufe gemäss vorliegendem Anspruch 2 dort nicht vorgesehen.

Somit erscheint derzeit ein entsprechend eingeschränktes Patentbegehren erfolgversprechend. Für die Erteilung eines Patents ist zudem eine Würdigung der Entgegenhaltung 1 in die Beschreibungseinleitung aufzunehmen. Werden die bestehenden Patentierungshindernisse indes ohne triftigen Grund nicht vollständig behoben, ist bei Fortsetzung des Prüfungsverfahrens mit der Zurückweisung der Anmeldung zu rechnen.

Sollte eine Stellungnahme in der Sache nicht beabsichtigt sein, wird eine formlose Mitteilung über den Erhalt dieses Bescheids erbeten.

Prüfungsstelle für Klasse B23K

*Rauhut*

Rauhut / Hausruf 3157

Ausgefertigt

*Greif*  
Regierungsangestellte



Anlage: 1 Entgegenhaltung



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

DE 197 06 833 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 23 P 9/00**  
B 23 B 35/00  
B 23 K 26/00  
F 16 J 1/02  
B 23 B 41/12

21 Aktenzeichen: 197 06 833.2  
22 Anmeldetag: 21. 2. 97  
43 Offenlegungstag: 3. 9. 98

DE 197 06 833 A 1

71 Anmelder:  
Audi AG, 85057 Ingolstadt, DE

72 Erfinder:  
Bergmann, H.W., Prof. Dr.-Ing., 90542 Eckental, DE;  
Lindner, Horst, Dipl.-Ing., 85051 Ingolstadt, DE;  
Zacherl, Leonhard, 85051 Ingolstadt, DE;  
Brandenstein, Claus, Dipl.-Ing., 38536 Meinersen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 35 23 919 C2  
DE 44 15 455 A1  
DE 44 02 503 A1  
DE 42 26 335 A1  
DE 41 33 937 A1  
DE 40 40 436 A1  
DE 39 32 328 A1  
DE 39 22 377 A1  
DE 32 12 203 A1

DE-GM 73 12 952  
EP 05 59 328 A2

KRESS, K.: Feinbearbeitung präziser Bohrungen. In: Werkstatt und Betrieb, 114, 1981, 10, S.741-743;  
BENNINGHOFF, Hanns: Präzisionsbearbeiten mit Festkörperlasern. In: TR Transfer, Nr. 50, 1995, S.22-26;  
GREGORY, Axel R.: Grundlage neuer Fertigungsverfahren. In: Technische Rundschau, 23, 1991, S.62-65;  
PAUL, Heinrich, WISSENBACH, Konrad: Lasertechnologien zur Oberflächenbehandlung von verschleißbeanspruchten Maschinenbauteilen. In: Stahl und Eisen, 114, 1994, Nr. 1, S.39-42;  
AMENDE, W.: Oberflächenbehandlung metallischer Werkstücke mit Laser. In: Technica, 14/15, 1988, S.21-24;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren zum Herstellen von Zylinderlaufbahnen von Hubkolbenmaschinen

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Zylinderlaufbahnen von Hubkolbenmaschinen, insbesondere von Brennkraftmaschinen, bei dem die zumindest eine Zylinderlaufbahn eines Zylindergehäuses vorgebohrt und anschließend mechanisch endbearbeitet wird, wobei zur fertigungstechnischen Vereinfachung und zur Erzielung tribologisch hervorragender Laufbahnen ein Feinspindeln mit geringer Mikrorauigkeit durchgeführt wird. Bei höher belasteten Brennkraftmaschinen kann an das Feinspindeln eine Laserbelichtung mit einem pulsbaaren Laser angeschlossen werden, wodurch Reibungsverluste vermindert und die Verschleißfestigkeit und die Korrosionsbeständigkeit der Laufbahnen weiter erhöht werden.

DE 197 06 833 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Zylinderlaufbahnen von Hubkolbenmaschinen, insbesondere Brennkraftmaschinen, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Bei herkömmlichen Verfahren werden die Zylinderbohrungen zunächst gebohrt und anschließend zur Erzielung einer tribologisch günstigen Laufbahn entweder mechanisch und/oder elektrochemisch gehont. Insbesondere das mechanische Honen führt jedoch immer wieder zu mehr oder weniger starken Materialverquetschungen (sogenannte Blechmantelbildung), so daß z. B. gemäß EP 419 999 A1 auch schon vorgeschlagen wurde, die Laufbahnen nach dem Honen noch einer Laserbehandlung zu unterziehen, bei der insbesondere zugeschmierte Graphitnester freigelegt und eine Mikroglättung erzielt werden sollen.

Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung eines Verfahrens, mit dem der Herstellungsaufwand derartiger Zylinderlaufbahnen vermindert und zumindest gleichwertige, insbesondere aber hinsichtlich Reibungs- und Verschleißverhalten noch verbesserte Laufbahnen herstellbar sind.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1, für höher beanspruchte Hubkolbenmaschinen in Verbindung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 3 gelöst.

Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, zunächst als mechanischen Endbearbeitungsschritt ein Feinspindeln der Zylinderbohrung auszuführen. Absolut überraschend hat sich gezeigt, daß in Abkehr von dem seit Jahren weltweit üblichen Verfahren des Honens als Endbearbeitung ein Feinspindeln mit einer geringen Mikrorauigkeit ausreichen kann, um tribologisch günstige Laufbahnen zu schaffen. Dabei hat sich als vorteilhaft erwiesen, daß beim Feinspindeln die beim Honen auftretenden Materialverquetschungen und Zerstörungen der Oberflächenstruktur beispielsweise bei gußeisernen Zylindergehäusen nicht auftreten, sondern zur Haltung eines Schmierfilmes im Betrieb der Hubkolbenmaschine, insbesondere einer Brennkraftmaschine, offene Graphitnester gebildet und eine ausreichend reibungsarme Oberflächenstruktur geschaffen wird.

In Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird als weitere wesentliche Maßnahme vorgeschlagen, die feingespindelte Zylinderlaufbahn anschließend mit einem gepulsten Laser, insbesondere einem Excimer- oder ND-Yag-Laser ein oder mehrmals zu belichten, wobei im Mikrometerbereich die Oberfläche umgeschmolzen (bei Gußeisen Ledeburitbildung), durch Ionisierung mit Stickstoff angereichert und topographisch derart verändert wird, daß neben einer hervorragenden Glättung der Laufbahnen eine Vielzahl von Mikrodruckkammern gebildet werden. Durch das Umschmelzen bzw. die Stickstoffdiffusion werden die Oberflächenhärte und die Korrosionsfestigkeit der Laufbahnen wesentlich verbessert.

Die Mikrodruckkammern dienen zur Aufrechterhaltung eines ausreichenden Schmierfilmes bei hydrodynamischen Schmierverhältnissen zwischen Kolben bzw. Kolbenringen und der Zylinderlaufbahnen und führen damit in Verbindung mit der Glättung der Oberfläche zu geringen Reibungsverlusten der Maschine. REM-Aufnahmen haben im Vergleich mit mechanisch gehonten Zylinderlaufbahnen mit ebenfalls vergleichbarer Laserbestrahlung gezeigt, daß – während bei den mechanisch gehonten Laufbahnen die Honriefen noch sichtbar sind – die durch die Feinspindelung sich ergebenden Riefen bzw. Rillen absolut geglättet und damit nicht mehr vorhanden sind.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist im folgenden mit weiteren Einzelheiten näher erläutert. Dabei zeigt die

Fig. 1 der Zeichnung einen Wandabschnitt eines Zylinderkurbelgehäuses einer Brennkraftmaschine mit der zu bearbeiteten Zylinderlaufbahn während des Feinspindelns und die Fig. 2 eine Kopie einer REM-Aufnahme einer feingespindelten und anschließend laserbelichteten Zylinderlaufbahn.

Der schematisch dargestellte Abschnitt 10 eines Zylinderkurbelgehäuses einer mehrzylindrigen Hubkolben-Brennkraftmaschine aus Grauguß (z. B. GGL) ist Bestandteil einer Zylinderbohrung bzw. Zylinderlaufbahn 12, die nach einer zunächst groben Aufbohrung auf ein definiertes Zwischenmaß mittels einer Feinspindelmaschine mit einem Spindelkopf 14 und einem darin verstellbar gehaltenen Schneidplatte 16 feingespindelt wurde. Dabei wurden folgende Parameter vorgegeben bzw. eingestellt:

Radius  $r$  der Schneidplatte: 1,5 mm

Spanwinkel  $\gamma$ :  $+5^\circ$

Schnittgeschwindigkeit: 800 m/min

Vorschub  $s$ : 0,05 mm/Umdrehung

Schnitttiefe  $a$ : 0,3 mm

Die so feingespindelte Zylinderlaufbahn 12 wies nach DIN 4776 aus der Abbott-Kurve folgende Rauigkeitswerte auf:

$R_{pk}$  0,8

$R_k$  2,23

$R_{vk}$  2,14

Diese feingespindelte Zylinderlaufbahn 12 bzw. sämtliche derartigen Zylinderlaufbahnen des Zylinderkurbelgehäuses wurden anschließend mit einem Excimer-Laser mehrmals bei folgenden Laserparametern belichtet:

Fleckdurchmesser:  $10 \times$  Schmelzfilmdicke gemäß der Formel

$$\sqrt{\frac{\lambda}{c_p \rho}} \cdot t_p$$

wobei

$\lambda$  = Wärmeleitfähigkeit

$c_p$  = spezifische Wärme

$\rho$  = Dichte

$t_p$  = Belichtungszeit (Pulsdauer) des Lasers

Wellenlänge = 350 nm

Leistungsdichte =  $10^7$  W/cm<sup>2</sup>

Pulsdauer = 300 ns

Die Oberflächentopographie der dabei hergestellten Zylinderlaufbahn zeigt die 200fache REM-Aufnahme gemäß Fig. 2. Erstaunlicherweise sind die aus der Feinspindelung stammenden Riefen bzw. Rillen vollkommen verschwunden und es ist eine mit Mikrodruckkammern (verästelte, helle Linien und Bereiche) übersäte Oberfläche geschaffen, die beste tribologische Eigenschaften bei verbesserter Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit bei im übrigen hervorragender Glättung aufweist.

Durch die Laserbelichtung wurde die Oberfläche im Mikrometerbereich aufgeschmolzen und in Ledeburit umgewandelt. Ferner wurde während des Umschmelzprozesses aus der umgebenden Atmosphäre ionisierter Stickstoff in die Oberfläche eindiffundiert bzw. durch die extrem schnelle Abkühlung "eingefroren" und damit die Korrosionsbestän-

digkeit gegen im Betrieb von Brennkraftmaschinen auftretende aggressive Medien verbessert.

Leistungsflußdichte eingesetzt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Bei der Anwendung des Verfahrens auf Leichtmetall-Zylindergehäuse sind nur UV-emittierende Laser (Wellenlänge  $\leq 350$  nm) zu verwenden; die Leistungsflußdichte muß ausreichen, um die Diffusionsbarriere der i. a. vorhandenen Oxidhaut zu durchdringen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Zylinderlaufbahnen von Hubkolbenmaschinen, insbesondere von Brennkraftmaschinen, bei dem die zumindest eine Zylinderlaufbahn eines Zylindergehäuses vorgebohrt und anschließend mechanisch endbearbeitet wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Endbearbeitung ein Feinspindeln mit geringer Mikrorauigkeit durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Feinspindeln Mikrorauigkeitswerte von etwa

$R_{PK}$  0,6–1,0  
 $R_K$  2,0–2,5  
 $R_{VK}$  1,9–2,3

hergestellt werden.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß dem Feinspindeln eine Laserbehandlung mit einem gepulsten Laser mit einer Pulsdauer  $> 10$  ns  $< 10$   $\mu$ s nachgeschaltet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Laufbahn in einer Tiefe von ca. 2 bis 3  $\mu$ m unter Freilegung von Mikrodruckkammern im Material aufgeschmolzen und geglättet wird.
5. Verfahren nach den Ansprüchen 1–4, dadurch gekennzeichnet, daß der Fleckdurchmesser des Lasers 10mal größer ist als die Schmelzfilmdicke nach der Formel

$$\sqrt{\frac{\lambda}{c_p \rho}} t_p$$

wobei

$\lambda$  = Wärmeleitfähigkeit  
 $c_p$  = spezifische Wärme  
 $\rho$  = Dichte  
 $t_p$  = Belichtungszeit (Pulsdauer).

6. Verfahren nach den Ansprüchen 3–5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Laser einer Wellenlänge  $\leq 350$  nm verwendet wird.
7. Verfahren nach den Ansprüchen 3–5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Laser mit einer Wellenlänge  $\geq 5$   $\mu$ m mit einer Leistungsflußdichte  $\geq 10^7$  W/cm<sup>2</sup> verwendet wird.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Zylindergehäuse aus Leichtmetall ein Laser nach Anspruch 6 mit einer die Diffusionsbarriere der Oberfläche aufgrund der Oxidhaut durchdringenden

*R<sub>K</sub> : Tiefe d. Randentkammerprofils  
in  $\mu$ m*

- Leerseite -

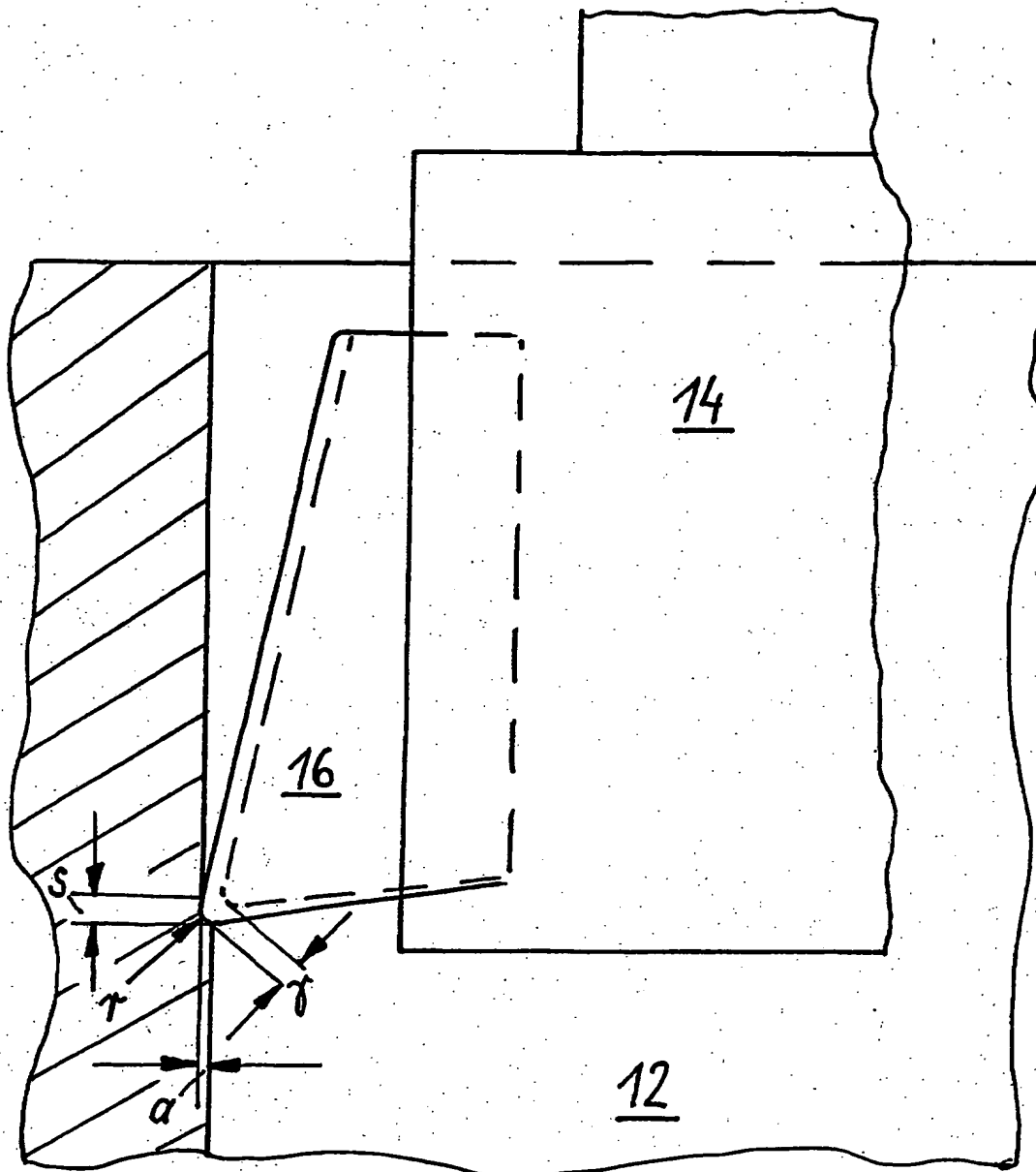
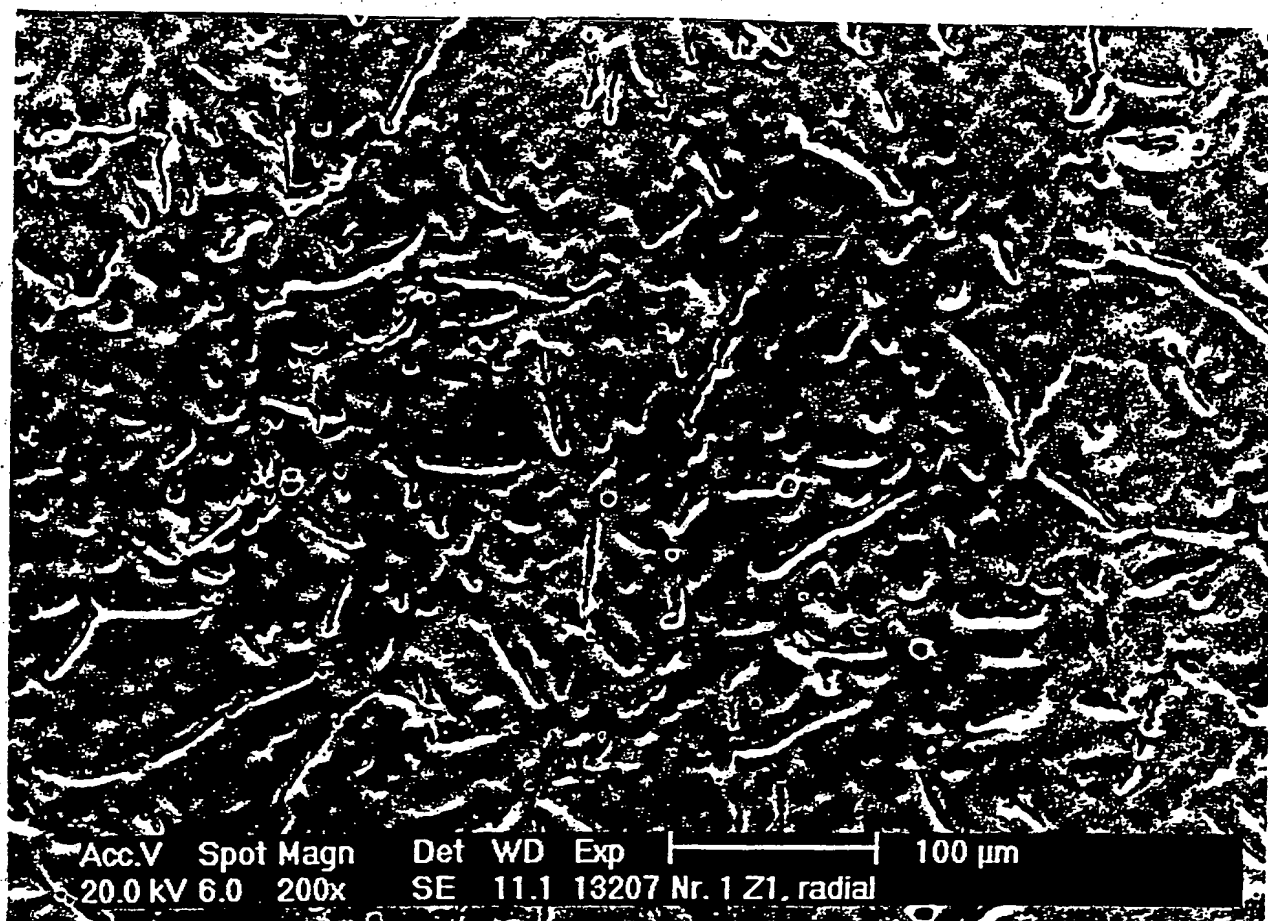


Fig. 1

10



*Fig. 2*



BEST AVAILABLE COPY